ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: BUDOWNICTWO z. 47 Nr kol. 603

Jerzy SĘKOWSKI

BADANIA LABORATORYJNE OPORU NA ŚCINANIE NA STYKU DWÓCH WARSTW GRUNTU

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wytrzymałości na ścinanie na styku dwóch warstw gruntu: piasku średniego i łupka przywęglowego surowego.

1. Wstęp

Ważnym zagadnieniem, szczególnie na terenie GOP-u, jest poznanie cech fizycznych i reologicznych materiałów zwanych odpadami poprzemysłowymi. Materiały te wykorzystywane są między innymi do budowy obwałowań zbiorników wodnych - częste wspólnie z gruntami rodzimymi. W niekorzystnych przypadkach wystąpić może utrata stateczności obwałowania, niewykluczone, że również na styku budujących go warstw. Stąd konieczność prowadzenia badań pozwalających na określenie oporu na ścinanie pomiędzy tymi warstwami.

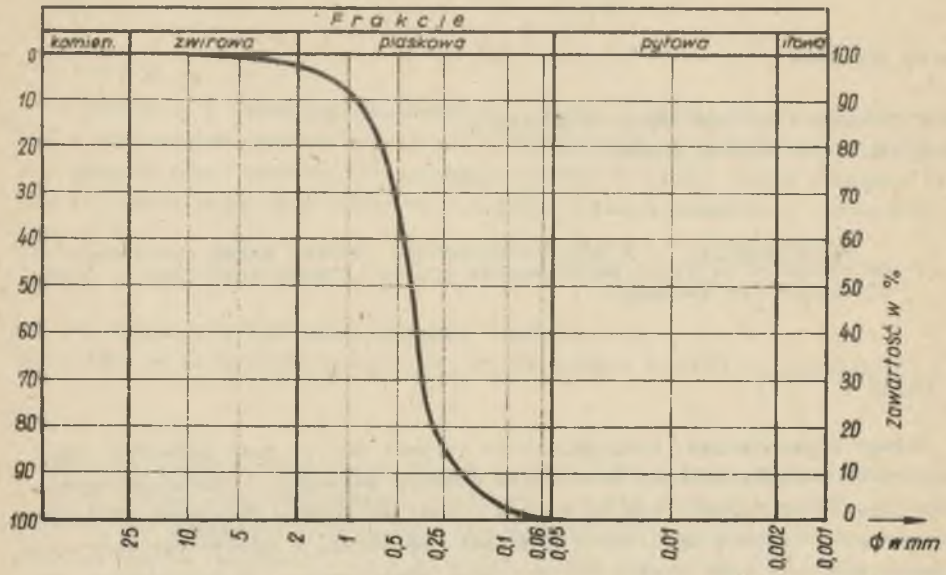
Znajomość oporu ścinania występującego w płaszczyźnie styku dwóch warstw gruntu, o odmiennych właściwościach fizycznych ma poważne znaczenie - szczególnie w budownictwie i górnictwie. Autorzy [1], [3] przytaczają literaturę z zakresu będącego przedmiotem niniejszej pracy.

Artykuł niniejszy dotyczy badań oporu na ścinanie występującego pomiędzy warstwami piasku średniego i przywęglowych łupków surowych. Z uwagi na wąski zakres badań oraz charakter analizowanych materiałów artykuł należy traktować jako przyczynek do ogólniejszej analizy wytrzymałości na ścinanie na styku dwóch warstw gruntów o zróżnicowanych cechach fizyko-mechanicznych.

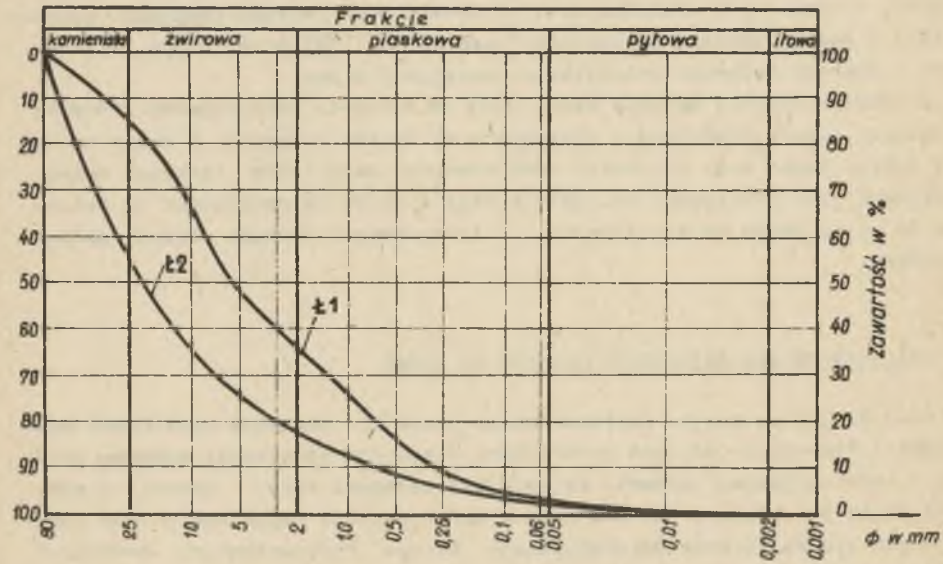
2. Charakterystyka materiałów użytych do badań

Badania laboratoryjne poprzedzono wstępnym rozpoznaniem niektórych właściwości fizycznych użytych materiałów. Wszystkie oznaczenia wykonano zgodnie z obowiązującymi normami. Materiałami badanymi były: piasek średni oraz łupki przywęglowe pobrane z hałd dwóch Kopalni Węgla Kamiennego znajdujących się na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Badaniami wstępnymi objęto następujące cechy fizyczne: uziarnienie, zagęszczalność oraz zależność zmiany wielkości kąta tarcia wewnętrznego od wilgotności

materiału. Na rysunkach 1, 2 przedstawiono uśrednione wykresy uziarnienia piasku średniego (oznaczonego dalej P_8) oraz łupków (Ł1, Ł2).

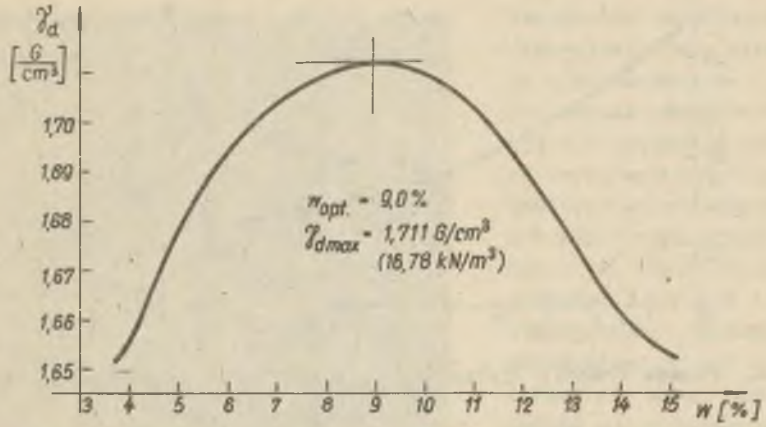


Rys. 1. Piasek średni. Skład granulometryczny

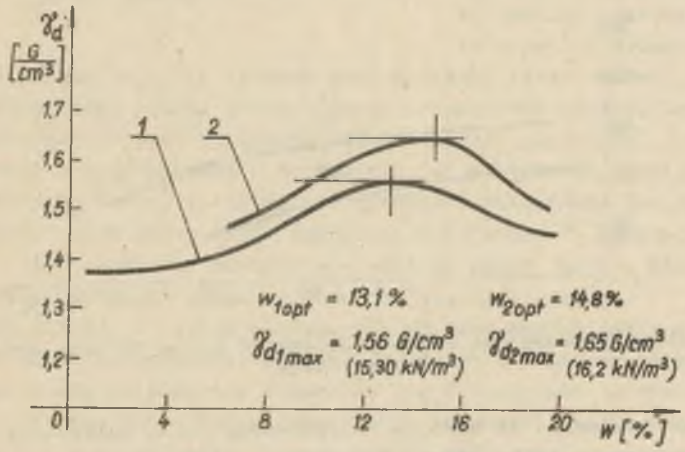


Rys. 2. Łupki przywęglowe surowe. Składy granulometryczne

Rysunki 3, 4 przedstawiają wykresy zagęszczalności badanych materiałów. Badania przeprowadzono metodą Proctora przy energii zagęszczania równej 0,58 MJ/m^3 - (6 kGcm/cm^3).

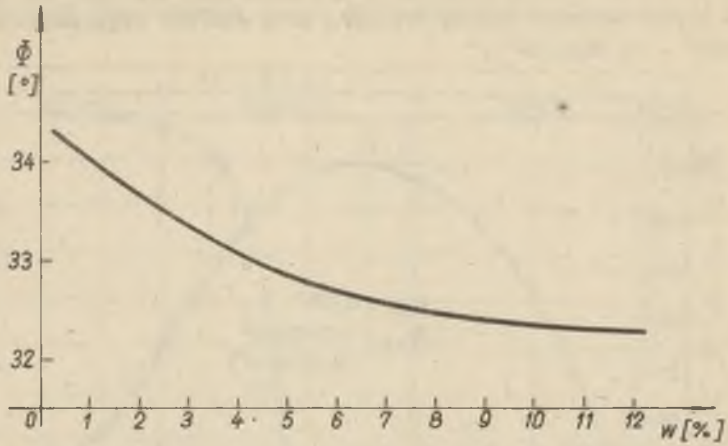


Rys. 3. Piasek średni. Zależność ciężaru objętościowego szkieletu gruntowego od wilgotności

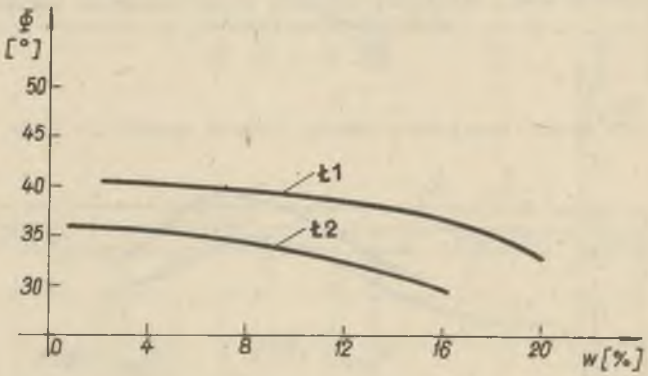


Rys. 4. Łupki przywęglowe surowe. Zależność ciężarów objętościowych szkieletu gruntowego od wilgotności

Badania zależności zmiany wielkości kąta tarcia wewnętrznego od wilgotności materiału $\phi = \phi(w)$ wykonano w aparacie skrzynkowym AB-2 o powierzchni przekroju skrzynki 0,12 x 0,12 m. Materiał był zagęszczany energią 0,58 MJ/m^3, następnie konsolidowany nie dłużej niż 10 min, po czym ścinany przy tzw.pierwszej prędkości wynoszącej 0,0155 m/min. Wyniki przeprowadzonych badań ilustrują rysunki 5, 6.



Rys. 5. Piasek średni. Zależność kąta tarcia wewnętrznego od wilgotności



Rys. 6. Łupki przywęglowe surowe. Zależność kątów tarcia wewnętrznego od wilgotności

Należy nadmienić, iż badania rozpoznawcze jak i zasadnicze z udziałem łupków obejmowały tylko ziarna i cząstki o średnicy < 5,0 mm (0,005 m). Wilgotność materiału określano bezpośrednio po zakończeniu danego badania.

3. Metodyka badań zasadniczych

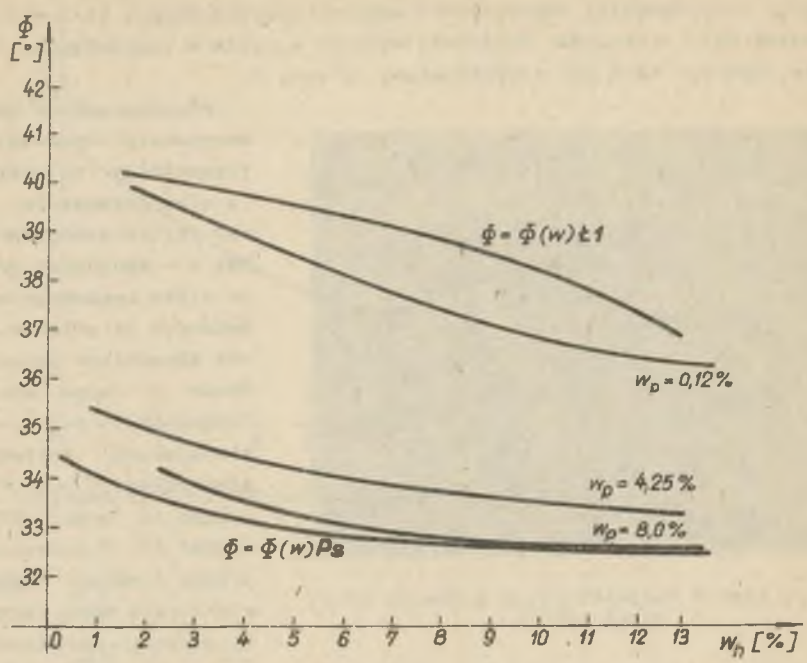
Do badań użyto aparatu bezpośredniego ścinania (typ AB-2) o powierzchni przekroju skrzynek 0,12 m x 0,12 m. Aparat był do tego typu badań specjalnie przygotowany. Centralnie umieszczona śruba znajdująca się pod skrzyneczką zawierającą badaną próbkę służyła do rektyfikowania płaszczyzny

ścięcia. Wykorzystując równocześnie wziernik (płytka boczna skrzynki z plexi) można było stosunkowo dokładnie wymusić ścięcie w płaszczyźnie styku warstw. Aparat AB-2 [2] przedstawiono na rys. 7.

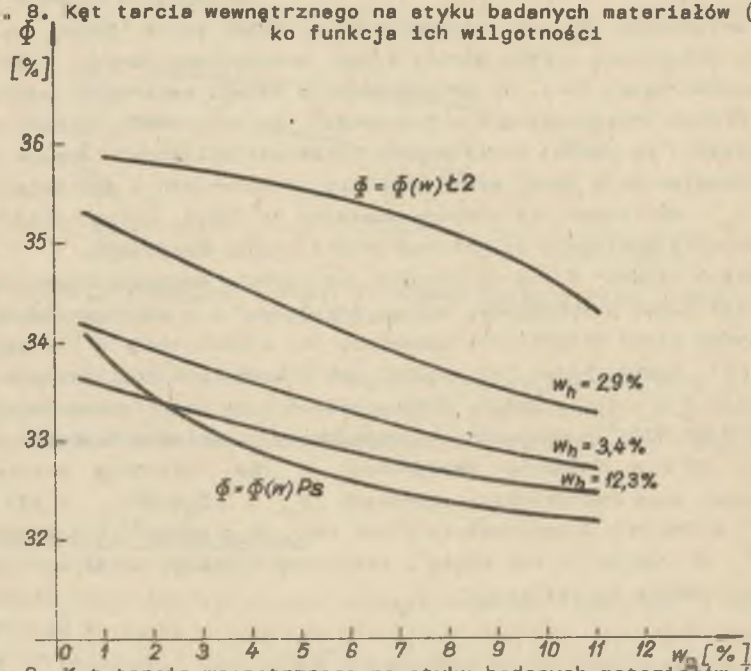
Rys. 7. Aparat bezpośredniego ścinania AB-2. Widok ogólny

Przeprowadzone badania obejmowały określenie wytrzymałości na ścinanie (a więc parametrów: Ø - kąt tarcia wewnętrznego oraz c - spójności gruntu) na styku sąsiednich warstw badanych materiałów. Badania zasadnicze przeprowadzono w dwóch wersjach (układach) - A i Â - odpowiadających zestawieniu materiałów: P_s - Ł1, P_s - Ł2 (układ A) oraz Ł2 - P_s (układ Â). W badaniach A próbka piasku średniego wypełniała dolną skrzyneczkę aparatu - natomiast górną łupek. W badaniu o zestawieniu materiałów P_s - Ł1 piasek miał w każdej serii badań tę samą wilgotność. Wilgotność próbki górnej (łupek przywęglowy surowy) była w danej serii każdorazowo inna. Po każdym badaniu całość materiału podlegała wymianie. Próbki przygotowywano w ten sposób, że wilgotność piasku stopniowo zwiększano po każdej serii badań, natomiast wilgotność łupków zmieniano zwiększając ją w danej serii dowolnie. W badaniach o zestawieniu materiałów P_s - Ł2 łupek dla odmiany posiadał w danej serii wilgotność stałą, a zmianie podlegała wilgotność próbki piasku średniego.

W badaniach układu Â dolną skrzyneczkę aparatu bezpośredniego ścinania wypełniał łupek przywęglowy. Był on "wiodącym" i w poszczególnych seriach posiadał stałe wilgotności (podobnie jak w badaniach A dla materiałów P_s - Ł2). System badań był podobny jak w badaniach A. Badania A i Â obejmowały 3 i 4 serie badań. Badane próbki były każdorazowo zagęszczane energią 0,58 MJ/m^3 a następnie konsolidowane określonym naprężeniem σ_i w czasie t = 10 min. Ścinanie następowało z tzw. pierwszą prędkością (0,0155 m/min) przy naprężeniach pionowych σ_i = 0,098 MPa; 0,147 MPa; 0,196 MPa; 0,294 MPa i ewentualnie 0,049 MPa (1,0 kG/cm^2; 1,5 kG/cm^2; 2,0 kG/cm^2; 3,0 kG/cm^2 i 0,5 kG/cm^2. Wilgotności próbek określano każdorazowo bezpośrednio po ścięciu.



Rys. 8. Kąt tarcia wewnętrznego na styku badanych materiałów (P_s - Ł1) jako funkcja ich wilgotności



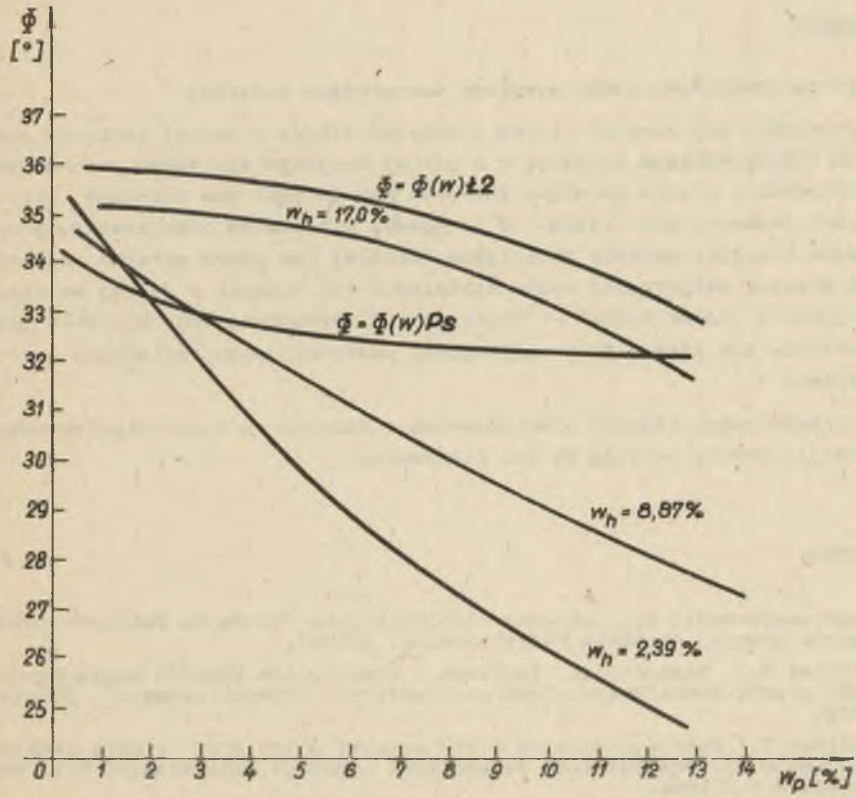
Rys. 9. Kąt tarcia wewnętrznego na styku badanych materiałów (P_s - Ł2) jako funkcja ich wilgotności

4. Wyniki badań. Analiza wyników badań

Wyniki przeprowadzonych badań ilustrują rysunki 8, 9, 10. Rysunki 8, 9 przedstawiają zmianę wielkości kąta tarcia wewnętrznego Ø w zależności od wilgotności badanych materiałów. Krzywe odpowiadają poszczególnym seriom badań A. Na rysunkach tych dodatkowo umieszczono analogiczne wykresy, lecz dla materiałów jednorodnych. Z uwagi na to, że wartości współczynnika kohezji były nieznaczne ($c \leq 0{,}0147$ MPa - $0{,}15$ kG/cm^2) jak również nie wykazywały one żadnej prawidłowości w ewentualnych zmianach swoich wartości, postanowiono nie uwzględniać go w dalszych rozważaniach.

W przypadku badań w wersji A stwierdzono, że płaszczyzna ścięcia przebiegała w zasadzie na styku badanych warstw, czyli w płaszczyźnie wymuszonej, niezależnie od wilgotności badanych gruntów. Obserwowano jednakże pewne zakłócenia w procesie ścinania.

Należy stwierdzić, iż w przeprowadzonych badaniach nie zauważono, by wytrzymałość na styku warstw była niższa niż dla któregoś zastosowanych ma-



Rys. 10. Kąt tarcia wewnętrznego na styku badanych materiałów (Ł2 - P_s) jako funkcja ich wilgotności

teriałów jednorodnych. Być może, że zadziałanie obciążenia dynamicznego przy jednoczesnym nasyceniu górnej warstwy i lokalnym osłabieniu zdolności filtracyjnych na styku - prowadzić może do wytworzenia się warstwy poślizgowej i utraty równowagi granicznej przy znacznie niższych parametrach wytrzymałościowych. W badaniach stwierdzono, że wzrost wilgotności zasadniczo wpływa na zmianę wartości parametru Ø. W przypadku badań w wersji Â dla zróżnicowanych wilgotności próbek (dla większej wilgotności piasku) obserwowano, że płaszczyzna ścięcia przebiegała na styku "łupek suchy" - "łupek mokry". Bezpośrednio pod próbką piasku tworzyła się warstewka łupka o wilgotności wyższej niż jej dolna część. Parametry wytrzymałościowe (szczególnie Ø) osiągały znacznie niższe wartości niż dla stosowanych materiałów jednorodnych. Fakt ten można wytłumaczyć utworzeniem się na styku warstw "płaszczyzny poślizgowej".

W innych analizowanych przypadkach ścięcie następowało w płaszczyźnie wymuszonej (na styku badanych materiałów). Wyniki badań Â przedstawiono na rys. 10.

5. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1. W przypadku gdy warstwa piasku średniego zalega w dolnej skrzynce aparatu bezpośredniego ścinania a w górnej znajduje się łupek przywęglowy wytrzymałość gruntu na styku badanych warstw jest nie mniejsza niż w obydwu badanych materiałach. W przypadku przeciwnym przy znacznych różnicach w wilgotnościach materiałów (ściślej gdy górna warstwa ma znacznie większą wilgotność) można spodziewać się ścięcia w dolnej warstwie na granicy "łupek suchy" - "łupek mokry". Przyczyną tego zjawiska jest tworzenie się płaszczyzny poślizgowej pomiędzy dwoma sąsiednimi materiałami.
2. Nie obserwowano żadnych prawidłowości w zmianie wartości współczynnika kohezji. Zmiany te były bardzo nieznaczne.

LITERATURA

[1] Ewertowska-Madej Z.: Badania laboratoryjne oporu na ścinanie dwóch warstw gruntu. Archiwum Hydrotechniki, 1/1967.

[2] Kawalec B.: Właściwości fizyczne i mechaniczne odpadów kopalnianych jako gruntu budowlanego. Rozprawa doktorska (niepublikowana) Gliwice 1973.

[3] Szafran Z.: Opór ścinania na styku warstwy gliny oraz piasku grubego. III Sesja Naukowa Wydziału Budownictwa Lądowego Politechniki Wrocławskiej. 2-5.X.1968.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА СДВИГ НА СТЫКЕ ДВУХ СЛОЕВ ГРУНТА

Р е з ю м е

В статье изложены данные исследований сопротивления на сдвиг на стыке двух слоев грунта - песка и суровых приуглистых сланцев.

LABORATORY INVESTIGATION OF SHEAR RESISTANCE FORCES BETWEEN TWO STRATA OF GROUND

S u m m a r y

The paper comprises study results of the shear resistance forces between two strata of ground - middle sand and colliery shale.